Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 30 (1986): 19-50 Palma de Mallorca

# NOTA SOBRE LES ROQUES HIPABISSALS DE LA SERRA DE TRAMUNTANA DE MALLORCA: ALGUNES CARACTERÍSTIQUES PETROGRÀFIQUES I GEOQUÍMIQUES

P. ENRIQUE i GISBERT,[1]

PARAULES CLAU: Diabasa, hipabissal, diagrama $R_1$-$R_2$, sèries alcalines, sèries subalcalines, Mallorca.

KEYWORDS: Diabase, Hypo-abissal, diagram $R_1$-$R_2$, alcaline series, subalcaline series, Mallorca.

RESUM. El descubriment d'alguns dics de diabases i de roques més leucocràtiques posa de manifest l'existència de roques subvolcàniques o hipabissals a l'Illa de Mallorca. La localització de tots els afloraments dins el Triàsic apunta vers una relació directa entre aquestes roques i les roques volcàniques del Triàsic Superior.

D'altra banda, si bé algunes de les roques estudiades tenen afinitats clarament alcalines (amb neftalina i olivina en la norma CIPW), d'altres presenten una major variabilitat, des de termes transicionals (amb olivina i hiperstena normatives) fins a termes subalcalins (amb *hy* i *Q* normatius).

SUMMARY: NOTE ON THE HYPOABYSSAL ROCKS OF THE SERRA DE TRAMUNTANA OF MALLORCA: SOME PETROGRAPHIC AND GEOCHEMICAL FEATURES Some diabase and more leucocratic dykes found in Mallorca demostrate the existence of subvolcanic or hypoabyssal rocks on this island. All these outcrops are always found inside the triassic materials, and thus may be directly related to the upper triassic volcanism.

Although some of the studied rocks have evident alkaline affinities (with *ne* and *ol* in the CIPW norm), others display greater diversity, from transitional (with *ol* and *hy* ) to subalkaline types (with *hy* and *Q* in the norm).

[1] Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Zona Universitària de Pedralbes. 08028 BARCELONA

## INTRODUCCIÓ

A Mallorca les roques volcàniques constitueixen un important conjunt d'afloraments que es distribueixen quàsi en la seva totalitat dins l'àmbit de la Serra de Tramuntana, associades constantment als materials sedimentaris d'edat triàsica. (DARDER, 1914; FALLOT, 1922; COLOM, 1975; MATAILLET & PECHOUX, 1978; NAVIDAD & ALVARO, 1985).

En la gran majoria dels casos les roques ígnies tenen característiques clarament extrusives, principalment emplaçades com a colades de lava i en menor extensió com a dipòsits piroclàstics. Aquest fet condiciona que l'estat de preservació de les característiques originals de les roques (sobretot mineralògiques i químiques) sigui deficient per les transformacions metasomàtiques secundàries.

Les laves ofereixen un aspecte macroscòpic bastant variat segons els afloraments, des de fàcies molt vesiculars omplertes per minerals secundaris (calcita, calcedònia, etc.) d'aparença francament basàltica, fins a roques molt massives riques en plagioclasi, de colors grisos o verds clars, de mida de gra relativament gran, que recorden les diabases.

Encara que la majoria dels afloraments semblen de composició basàltica, alguns podrien representar termes més diferenciats donat el seu contingut en minerals màfics relativament baix. De fet LAPPARENT (1922, en FALLOT, 1922), i SAN MIGUEL DE LA CAMARA(1929) descriuen termes de composició andesítica, la qual cosa en sentit estricte sembla molt improbable donada l'afinitat calcoalcalina d'aquest tipus de roques, però en canvi mostra clarament l'existència de fàcies més àcides que els basalts.

Les anàlisis químiques de què hom disposa a l'actualitat referents als basalts (encara que molt limitades, ja que es concreten quasi exclusivament als afloraments de Cala Tuent) indiquen una afinitat basàltica alcalina pròpia d'un volcanisme intraplaca distensiu (NAVIDAD & ALVARO, 1985).

No obstant això, l'estat d'alteració bastant intensa de les roques efusives fa poc significatius els resultats de les anàlisis d'elements majors. Els elements traça, en canvi, ofereixen resultats més consistents i estan d'acort amb l'afinitat alcalina esmentada (NAVIDAD & ALVARO, 1985).

Una anàlisi d'elements majors d'una roca poc alterada descoberta prop de Sa Font d'es Garbell, a Banyalbufar (MATAILLET & PECHOUX,1975) confirma igualment una afinitat basàltica alcalina.

Degut a les dificultats inherents a les roques volcàniques metasomatitzades per llur estudi petrològic i geoquímic, aquest treball ha tingut per objectiu la

recerca de roques equivalents però amb emplaçament subvolcànic (dics, sills, etc), les quals ofereixen majors probabilitats de romandre en bon estat de conservació

Encara que la presència de roques subvolcàniques intrusives és deduïda per FALLOT (1922) i per MATAILLET *et al.* (1985) a partir de les textures observades en algunes mostres, mai no havien estat trobades estructures del tipus dics o sills que demostressin aquest mecanisme d'emplaçament (COLOM, 1975; MATAILLET & PECHOUX, 1985) Pot ésser l'única excepció fos l'aflorament de basalt olivínic del Port de Sóller descrit per SAN MIGUEL DE LA CAMARA (1929), el qual en canvi presenta una textura típicament volcànica.

El descobriment d'un dic de diabasa olivínica (així com dics de roques més diferenciades) al Port de Valldemossa encaixats en materials de la fàcies Buntsandstein demostra l'existència d'afloraments de roques hipabissals triasiques o post-triàsiques. Les fàcies similars trobades al Triàsic superior d'altres indrets de la Serra de Tramuntana, i el desconeixement actual de roques volcàniques interestratificades post-triàsiques a Mallorca, sembla indicar que les roques hipabissals son d'edat triàsica i amb molta probabilitat constitueixen part dels canals d'alimentació del volcanisme del Triàsic superior.

## LES FÀCIES HIPABISSALS O SUBVOLCÀNIQUES.

Amb aquest terme s'inclouen en aquest treball les roques que es troben clarament emplaçades mitjançant mecanismes intrusius, o bé aquelles que mostren textures típicament diabàsiques amb un grau de preservació excepcional i per tant de probable emplaçament subterrani.

Aquesta limitació en la definició es deu a què les condicions d'aflorament són en general molt dolentes i no permeten l'observació directa dels contactes amb les roques encaixants.

## LOCALITZACIÓ I DESCRIPCIÓ DELS AFLORAMENTS.

### 1.—AFLORAMENTS DEL PORT DE VALLDEMOSSA (VA).

A les rodalies del Port de Valldemossa s'han trobat dos afloraments de roques ígnies amb un mecanisme d'emplaçament clarament intrusiu.

a) A uns 200 m. al WSW de la cala, a la mateixa línia de costa (464.5—4396.6 UTM) (6 a la figura 1), es troba un important dic subvertical d'uns 10 m d'amplada que intrueix discordantment els materials gresosos i lutítics de la fàcies Bunsandstein.

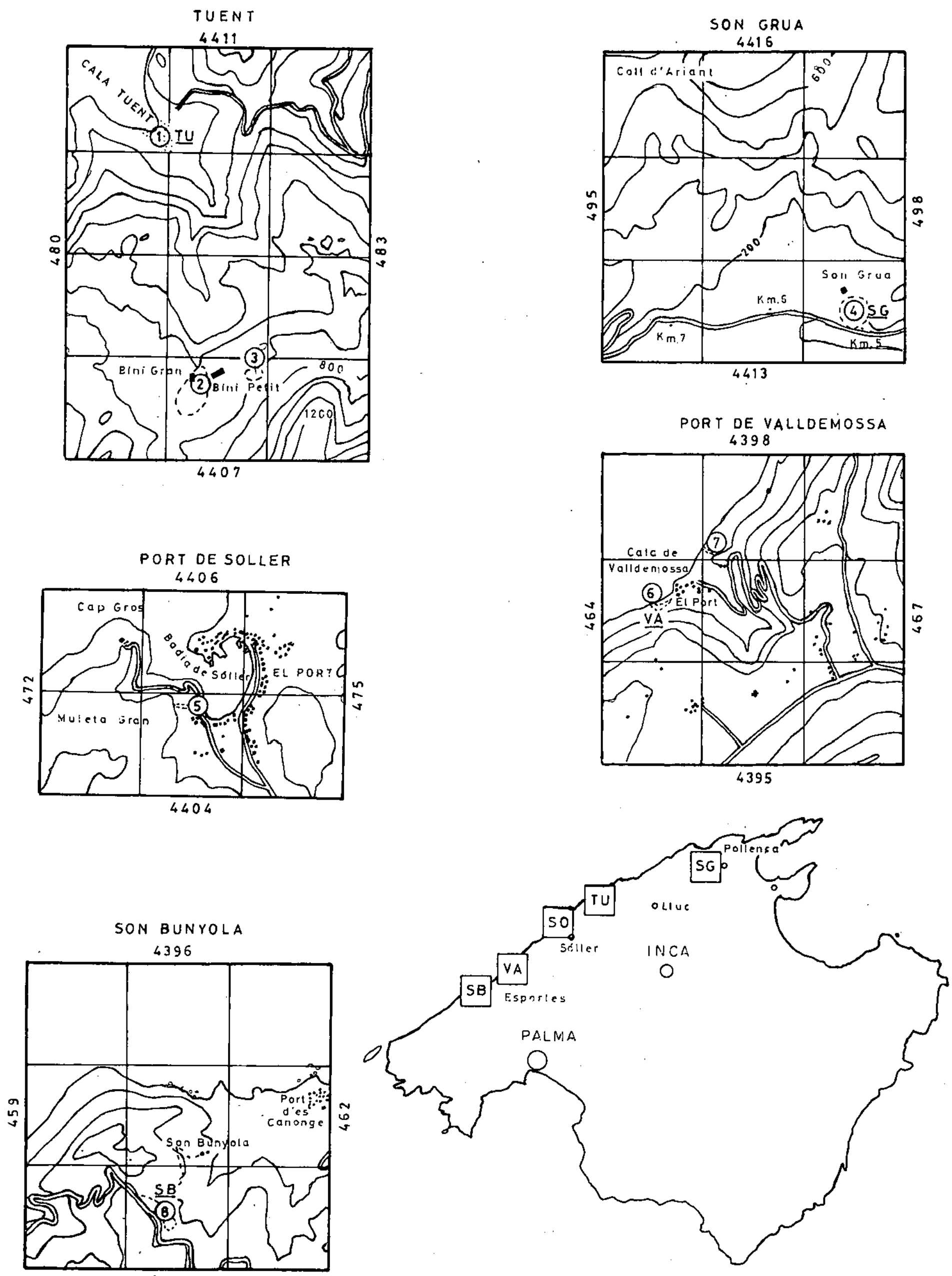



Fig. 1. Situació dels afloraments de les mostres estudiades. Base cartogràfica dels mapes militars a escala 1:50.000. Coordenades U.T.M.

Location of outcrops studied. Based on military maps scale 1:50.000. Coordinates UTM.

A l'aflorament, (figura 6, 8), la roca (mostra-VA) té un color verd fosc, negre en fractura fresca, i verd més pàlid en les roques més meteoritzades.

En el contacte NE es produeix una decoloració dels materials vermells del Buntsandstein, que es tornen quasi blancs en una franja paral·lela al contacte d'uns 10 cm. d'amplada. Així mateix dins dels mateixos materials s'ha produït una mineralització de baritina ($BaSO_4$) en filonets irregulars que arriben a tenir alguns centímetres d'amplada.

A simple vista la roca presenta una textura molt compacta de mida de gra bastant uniforme i en la qual es distingeixen amb facilitat els cristallets de plagiòclasi, blanquinosos i lluents pels plans d'exfoliació, d'aproximadament 1 mm de longitud. Amb més dificultat es poden apreciar petits granets de piroxè negres, menys abundants. L'olivina s'observa molt difícilment o no es veu en absolut. En algunes mostres de prop del contacte, la roca és de gra una mica més fi i s'aprecien petits cristallets allargats de plagiòclasi.

Per alteracions secundàries la plagiòclasi pot estar sericititzada i en aquests casos pren un color verd clar. A més, moltes de les diàclasis de la roca estàn reblertes de serpentina fibrosa produïda probablement per hidratació de l'olivina i posterior recristal·lització.

L'aspecte macroscòpic de la roca en fractura fresca, amb una textura granular de gra fi sense fenocristalls és, doncs, típica d'una diabasa.

b) A uns 350 m al NE de la Cala de Valldemossa (7 a la figura 1) en els afloraments de la costa, al mateix nivell del mar, es troba un conjunt de dics estrets (entre 20 i 50 cm d'amplada) d'una roca ígnia (mostra-VA 4) de color blanquinós de gra molt fi, de vegades amb aspecte porfíric, que talla quasi perpendicularment les roques greso-lutítiques de la fàcies Buntsandstein (figura 6, 1-6).

Malgrat el seu aspecte molt compacte, aquestes roques leucocràtiques del Port de Valldemossa estan afectades per alteracions secundàries que fan molt difícil la seva classificació petrogràfica i fa que s'hagin de prendre amb prudència els resultats en els diagrames de classificacions químiques.

No obstant això cal destacar que es tracta d'una roca notablement més àcida (vegeu anàlisi VA4 de la taula 1) que totes les anteriorment descrites a l'illa de Mallorca, fet que es posa de manifest ja al primer cop d'ull, per l'absència quasi total de minerals màfics.

Aquesta roca inclou xenòlits de dues classes:

1.—xenòlits de la roca encaixant (figura 6, 5-6).

2.—enclavaments de roques ígnies més bàsiques, de 20 o 30 cm. de diàmetre, de color gris molt fosc (Tipus VA 8, vegeu anàlisi a la taula I).

## 2. AFLORAMENT DE SON BUNYOLA, BANYALBUFAR (SB).

Es tracta d'un aflorament interessant on es troben roques gairebé inalterades i que foren descrites per FALLOT (1922) com a microgabres.

Es localitza a la pista que baixa cap a Son Bunyola des de la carretera d'Esporles a Banyalbufar, prop del Coll de Sa Bastida. (460.35-4393.55 UTM).

Degut a la seva compacitat i al seu color negre destaca fortament dels còdols de roques calcàries, essent possible reconèixer aquesta roca torrent avall fins a la Cala d'es Port d'es Canonge.

Com a característiques macroscòpiques cal destacar que es tracta d'una roca negre molt dura, amb fractura concoidal (figura 6, 7), densitat elevada, i amb una textura d'aspecte granular de gra fi rica en plagiòclasi, piroxens i olivina.

Les relacions de la roca ígnia amb l'encaixament són poc clares. Es troba inclosa dins els guixos del Keuper que com sol ésser normal estàn deformats i com fan notar MATAILLET & PECHOUX (1975) poden arrosegar materials d'edats molt diverses (fins i tot miocènics).

No obstant també es troben en contacte, al mateix aflorament, amb roques volcàniques molt vesiculars d'idéntic aspecte a les que es troben normalment a Mallorca als dipòsits del Triàsic superior.

Per tant sembla probable que aquesta diabasa o microgabre (termes gairebé sinònims, HATCH *et al.*, 1975) pugui representar part d'un conducte d'emissió subvolcànic dels materials efusius esmentats, que ha quedat preservat de l'alteració gràcies a la seva textura, condicionada pel seu propi mecanisme d'emplaçament.

## 3. AFLORAMENT DE SON GRUA (POLLENÇA) (SG)

Aquest aflorament no havia estat citat anteriorment ni a la bibliografia ni a la cartografia geològica. Les relacions amb les roques encaixants són molt dolentes, ja que tan sols ha estat possible trobar blocs angulosos de fins uns 30 Kg. de pes, dispersos per les rodalies d'un camp de conreu molt pròxim a la possessió de Son Grua (coordenades 495.55-4413.35 UTM), situat entre el camí d'aquesta i la carretera de Pollença a Lluc, als voltants del Km 5.

Així mateix es poden trobar ocasionalment còdols d'aquesta roca al Torrent de Sant Jordi, aigües avall del lloc descrit.

La roca (mostra-SG) es troba extraordinàriament ben conservada i gairebé no presenta ni el més lleu símptoma d'alteracions secundàries. És de color negre i gris molt fosc i molt dura i densa. A simple vista es pot apreciar una textura granular en la qual es poden reconèixer fàcilment els cristalls de plagiòclasi de color blanc, d'aproximadament 1 mm de llargària, barrejats amb granets negres de piroxens, més petits. Així mateix destaquen fortament alguns fenocristalls d'olivina (de 3 a 5 mm de diàmetre) de color verd que donen a la roca un aspecte lleugerament porfíric.

Per les característiques macroscòpiques es tracta, doncs, d'una diabasa olivínica similar en aspecte a la de Son Bunyola però de gra relativament més gran.

## 4. AFLORAMENT DEL PORT DE SÒLLER.

Aquest aflorament va ésser descrit per SAN MIGUEL DE LA CAMARA (1929). A diferència de les roques descrites anteriorment, es tracta d'una roca d'aspecte francament volcànic, negra, densa, de matriu molt fina i marcadament porfírica.

No obstant això el tipus de jaciment és clarament subvolcànic ja que constitueix un dic ramificat que intrueix els materials carbonatats triàsics.

Aquest dic va ésser explotat antigament per l'extracció de grava. Actualment l'aflorament (473.50-4404.80 UTM) es troba parcialment cobert per les runes procedents de la carretera d'una urbanització. Malgrat aquesta circumstància, per les dimensions de l'excavació, el dic en aquest punt deu tenir uns 5 m d'amplada.

El contacte amb les roques calcàries es produeix a través d'una zona de bretxificació produïda aparentment durant el procés intrusiu, que inclou ambdós tipus de roques.

Pel seu estat de conservació excel·lent contrasta fortament amb la gran majoria de roques volcàniques de Mallorca. Aquest fet va induir a pensar a SAN MIGUEL DE LA CAMARA (1929) que aquestes roques podrien ésser representats d'un vulcanisme més recent, comparable al de Girona i Tarragona.

D'acord amb el mateix autor aquestes roques podrien classificar-se com a basalts olivínics.

Encara que no hi han criteris clars per definir-se respecte a l'edat d'aquest magmatisme, l'absència de manifestacions volcàniques conegudes a Mallorca en nivells estratigràfics més recents que el Triàsic fa pensar que de manera similar a les diabases descrites en apartats anteriors, de les quals tan sols semblen diferir en la textura, podrien representar conductes d'emissió del volcanisme triàsic.

## 5. MOSTRES I AFLORAMENTS DE LA CALA TUENT I DELS BINIS.

A la Cala Tuent es troben un conjunt d'importants afloraments de roques volcàniques que han estat estudiades per NAVIDAD & ALVARO (1985). Segons aquests autors es troben diverses colades, amb materials piroclàstics associats, intercalades dins dels sediments del Triàsic superior (fàcies Keuper i "Infra-Lias").

En tots els casos descrits es tracta de roques de composició basàltica amb textures que varien des de termes de gra fi, molt vesiculars, fins a fàcies de gra gros, i microstructures diabàsiques, al centre d'algunes colades. Com a minerals essencials, seguint els mateixos autors, en tots els casos predomina la plagiòclasi la qual constitueix la trama principal de la roca, però en els termes del tram inferior està només acompanyada per olivina, mentre que en el tram superior es troba a més clinopiroxé.

No obstant això, el fet de que l'olivina estigui sempre reemplaçada per clorites i d'altres minerals secundaris fa dubtosa la seva determinació com a tal en tots els casos, sobretot en els termes en què no s'ha trobat gens de piroxè, el qual constitueix un component essencial de les roques basàltiques.

Totes les mostres descrites fins a l'actualitat als afloraments de la Cala Tuent presenten alteracions i recristal·litzacions prou importants com per a fer poc significatius els resultats de les anàlisis d'elements majors.

Tenint en compte la proximitat al mar dels afloraments i les característiques de la platja (constituïda exclusivament per còdols rodats) va esser considerada pel present autor la possibilitat de l'existència, de roques més inalterades que podrien haver quedat preservades per causa de llur major resistència a l'erosió.

L'observació sistemàtica dels tipus de roques que constitueixen la platja durant alguns anys ha posat de manifest l'existència de diversos conjunts litològics. En primer lloc prodominen extensament els tipus de roques carbonatades, els quals constitueixen la major part dels afloraments dels voltants de la cala, i d'aigües amunt del torrent.

En segon lloc estan els còdols de roques ígnies. En aquest conjunt es troben tots els tipus dels materials volcànics descrits però, a més, en molt escassa proporció s'han observat dos tipus de roques ígnies sense alteracions significatives , que fins al moment no han pogut trobar-se in situ pels afloraments de la Cala Tuent.

El primer tipus, i més abundant, està constituït per basalts negres, molt compactes, amb grans fenocristalls d'olivina i alguns de piroxè, molt semblants als basalts del Port de Sóller. Cal remarcar que s'ha trobat un aflorament in situ

de roques gairebé inalterades de característiques molt similars, aigües amunt del torrent, a uns 700 m d'altitud, a prop del Bini Petit (3 a la figura 1).

El segon tipus es força interessant ja que es tracta d'una diabasa extraordinàriament fresca amb característiques totalment diferents de les diabases descrites als apartats anteriors: és molt rica en plagiòclasi i no conté olivina.

Malauradament només han estat trobat dos còdols d'aquesta roca, l'un d'uns 15-20 Kg que ha estat utilitzat per a l'estudi petrogràfic i geoquímic, i l'altre de més de 50 Kg i un metre de diàmetre, que no va ésser possible d'extreure.

No obstant no haver-se trobat l'aflorament in situ cal considerar com bastant probable que les roques trobades provinguin de la conca de recepció del Torrent ja que, tant als voltants de la Cala Tuent, com a prop dels Binis (2 a la figura 1), existeixen abundants roques volcàniques molt alterades, però amb textures diabàsiques i ofítiques (figura 12, 30-32) i amb mida de gra comparable a les roques en qüestió.

Així, doncs, s'inclou aquí la descripció de les característiques d'aquestes roques amb textures típicament subvolcàniques, per la posibilitat que provinguin dels conductes d'alimentació d'algunes roques volcàniques de la Cala Tuent o dels Binis, fet que hauria d'ésser comprovat en treballs posteriors.

## PETROGRAFIA I GEOQUÍMICA.

Encara que el nombre de mostres és molt limitat, des d'un punt de vista petrogràfic s'observa una variabilitat important de les seves característiques.

En l'aspecte textural les roques varien des de textures francament porfíriques (basalt del Port de Sóller, SO) amb matriu de gra molt fi, fins a roques holocristal·lines de gra relativament gros, com és el cas de les diabases SB, VA, SG, TU.

Així mateix des del punt de vista de la mineralogia modal s'observa una variació que inclou per una banda els termes rics en cristalls d'olivina (SB, VA, SO, SG) i per una altra els termes sense olivina (diabasa de Tuent, TU, i els dics leucocràtics de Valldemossa, VA 4).

### 1. DIABASA DE TUENT.

D'aquests dos darrers exemples, el de la diabasa de Tuent és particularment interessant ja que conté intercreixements microgràfics intersticials de quars i

feldspat alcalí (figura 7, 8 i figura 8, 17-20). La textura d'aquesta diabasa és holocristal·lina i predominantment intergranular, encara que mostra freqüents relacions ofítiques entre plagiòclasi i piroxens (figura 8, 14-16 i figura 9,19). La plagiòclasi és el component més abundant i es presenta en cristalls hipidiomòrfics entrellaçats, generalment mostrant la macla de l'albita.

Algunes estimacions aproximades amb el microscopi, aplicant el mètode de Michel-Lévy dóna un interval comprès entre $An_{50}$ i $An_{66}$, és a dir, composicions labradorítiques. El clinopiroxè mostra freqüentment microstructures ofítiques, no és pleocroic i de vegades presenta zonacions. A més són freqüents les estructures de Schiller.

Les composicions químiques i normatives d'aquesta roca es donen a la taula 1. Les característiques més destacables que se'n deriven són:

a) Composició basàltica-andesibasàltica de tendències toleítica (vegeu diagrama R1-R2 de DE LA ROCHE, *et al.* 1980, a la figura 2).

b) Presència d'hiperstena i quars normatius (sèrie toleítica al tetraedre basàltic de YODER & TILLEY, 1962).

c) Caràcter clarament sub-alcalí, posat de manifest en el diagrama àlcalis-sílice de MACDONALD & KATSURA (1964).

## 2. DICS LEUCOCRÀTICS DEL PORT DE VALLDEMOSSA.

Les mostres del dic leucocràtic VA-4 (figura 6, 1-6 i figura 10, 24) son de gra molt fi i presenten una carbonatació relativament important. Al microscopi només es distingeix una matriu fil·losilicatada de miques blanques, minerals opacs relativament abundants, i possibles fenocristalls de plagiòclasi carbonatats.

Les anàlisis s'han realitzat sense extreure cap component excepte els volàtils, la qual cosa es manifesta principalment pel contingut excessivament alt d'anortita en la composició normativa de la plagiòclasi. Tanmateix aquesta roca té uns alts continguts en $SiO_2$ i $K_2O$ i contràriament, baixos en $Fe_2O_3$. El MgO és bastant alt, probablement a causa de la carbonatació.

Les característiques químiques i normatives d'aquesta roca (taula I), malgrat que s'han de prendre amb prudència pels efectes de l'alteració mostren un alt contingut de quars normatiu, i en el diagrama R1-R2 (figura 2) se situa en un camp de termes bastant diferenciats.

Associada al tipus anterior, aparentment en forma d'enclavaments, o de zones menys diferenciades dels dics, es troba el tipus VA-8, de mida de gra una mica més gran i amb nombrosos micròlits de plagiòclasi de fins uns 150 μm de

| | SB | SG | VA | VA8 | VA4 | TU |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 45.02 | 46.48 | 48.32 | 46.78 | 61.04 | 54.48 |
| $TiO_2$ | 2.45 | 1.82 | 1.73 | 1.86 | 1.57 | 0.69 |
| $Al_2O_3$ | 13.47 | 13.32 | 14.74 | 15.08 | 17.70 | 16.50 |
| $Fe_2O_3T$ | 18.19 | 12.96 | 13.37 | 14.47 | 2.61 | 10.46 |
| MnO | 0.17 | 0.17 | 0.15 | 0.16 | 0.10 | 0.15 |
| MgO | 10.42 | 11.75 | 7.17 | 9.99 | 5.16 | 4.83 |
| CaO | 9.29 | 8.97 | 8.87 | 7.65 | 6.58 | 9.76 |
| $Na_2O$ | 2.84 | 2.75 | 3.03 | 2.22 | 0.18 | 2.18 |
| $K_2O$ | 2.48 | 1.69 | 1.37 | 1.72 | 4.49 | 0.96 |
| P. foc. | 2.56 | 1.48 | 2.50 | 13.60* | 11.36* | 0.83 |
| TOTAL | 101.26 | 101.40 | 101.26 | 99.94 | 99.44 | 100.85 |
| NORMA CIPW | | | | | | |
| Quars | - | - | - | - | 21.02 | 9.78 |
| Corindó | - | - | - | - | 0.58 | - |
| Ortosa | 14.65 | 9.98 | 8.09 | 10.16 | 26.53 | 5.67 |
| Albita | 8.70 | 16.36 | 25.63 | 18.78 | 1.52 | 18.44 |
| Anortita | 16.68 | 19.00 | 22.57 | 26.10 | 32.64 | 32.40 |
| Nefelina | 7.24 | 3.26 | - | - | - | - |
| Diòpsida | 23.43 | 20.36 | 17.34 | 9.54 | - | 13.08 |
| Hiperstena | - | - | 5.12 | 8.64 | 12.85 | 13.74 |
| Olivina | 15.41 | 20.17 | 9.53 | 15.75 | - | - |
| Magnetita | 6.84 | 6.82 | 7.17 | 7.41 | 0.59 | 5.58 |
| Ilmenita | 4.65 | 3.45 | 3.28 | 3.53 | 2.98 | 1.31 |
| Hematites | - | - | - | - | 0.71 | - |
| Composició plagiòclasi | $An_{66}$ | $An_{54}$ | $An_{47}$ | $An_{58}$ | $An_{96}$? | $An_{64}$ |
| Diagrama de De la Roche (1980) | | | | | | |
| $R_1$ = | 1012 | 1330 | 1420 | 1489 | 2842 | 2331 |
| $R_2$ = | 1775 | 1804 | 1594 | 1610 | 1307 | 1607 |

TAULA I

* Anàlisis de la pols calcinada.

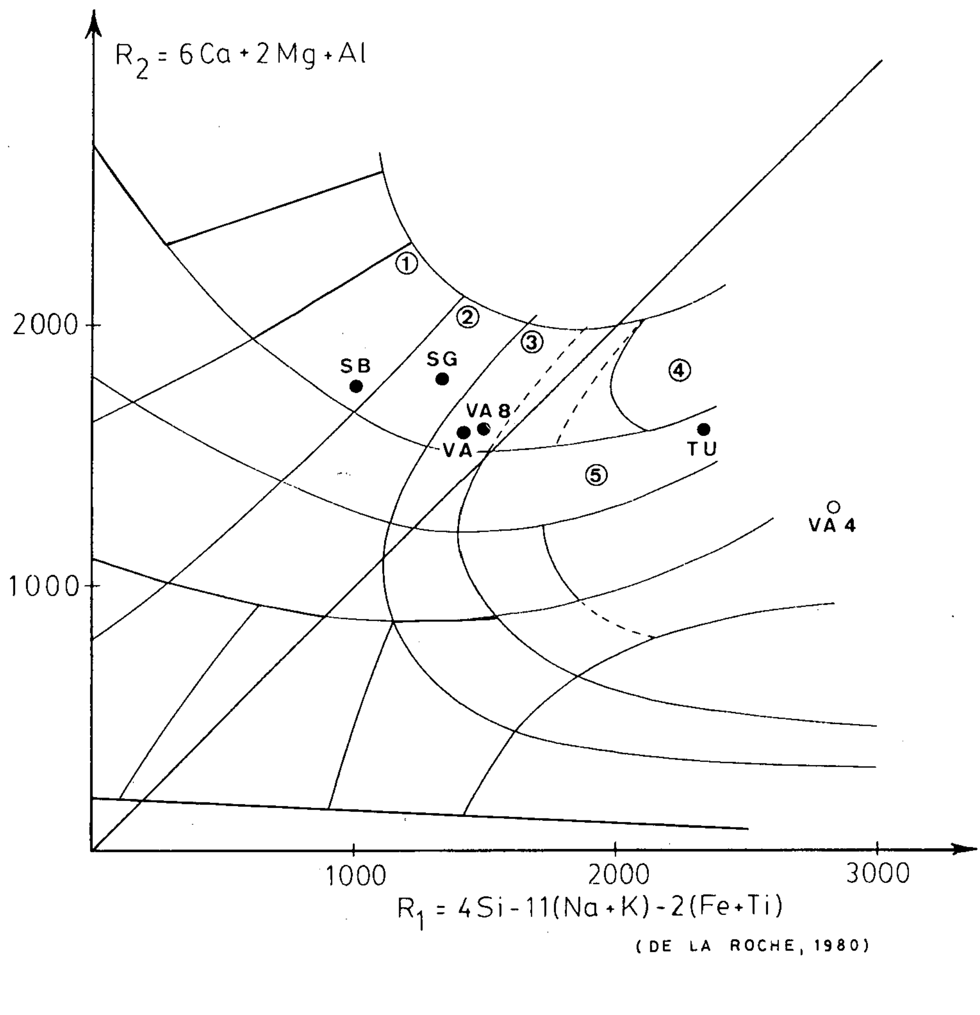



Fig. 2. Diagrama $R_1$-$R_2$ de De la Roche 1980) amb la malla de classificació de les roques ìgnies: 1 = BASANITA o THERALITA; 2 = BASALT ALCALI o GABRE ALCALI; 3 = BASALT o GABRE; 4 = TOLEITA o GABRE/NORITA; 5 = ANDESI-BASALT o GABRODIORITA.

Diagram $R_1$-$R_2$ de De la Roche 1980) with the classification net of igneous rocks. 1 = BASANITE or THERALITE; 2 = ALKALINE BASALT or ALCALINE GABBRO; 3 = BASALT or GABBRO; 4 = THOLEIITE or GABRO/NORITE; 5 = ANDESI-BASALT or GABBRODIORITE.

longitud. Té també nombrosos granets de minerals opacs i alguns fenocristalls reemplaçats per carbonats.

3. DIABASA DEL PORT DE VALLDEMOSSA.

Uns centenars de metres més al sud, a l'altra banda del Port de Valldemossa, es troba el tipus VA el qual està relativament molt poc alterat i conté apreciables quantitats d'olivina més o menys serpentinitzada. Té una textura diabàsica típica amb una mida de gra relativament gran (0,5-1 mm), (figura 10, 21-22).

Les característiques químiques i normatives d'aquestes mostres (VA i VA-8) les situen (figura 2) dins el camp dels basalts olivínics. A la composició normativa tenen hiperstena i olivina i per tant representen termes basàltics de tipus transicional. Dins el tetràedre basàltic (YODER & TILLEY, 1962) entren dins el camp de les toleïtes olivíniques ja que no contenen ni quars ni nefelina normatius. (figura 5). Tanmateix en el diagrama $Na_2O + K_2O - SiO_2$ (figura 3) se situen dins el camp alcalí definit per MACDONALD & KATSURA (1964), però molt aprop del límit amb el camp subalcalí redefinít per IRVINE & ARAGAR (1971) (figura 3).

Per tant, aquestes diabases de Valldemossa tenen unes característiques intermèdies entre la Sèrie Alcalina i la Sèrie Toleítica. IRVINE & BARAGAR (1971), proposen per a discriminar entre aquestes dues sèries el diagrama triangular Clpx-Opx-Ol. Els camps alcalí i subalcalí es defineixen empíricament a través de dues funcions (proposades per CHAYES, 1965, 1966), una linial:

$$X_{Opx} + 0.134X_{Ol} = 26.942,$$

o una altra quadràtica, més acurada:

$$(X_{Opx} + 1.119X_{Ol}) - (0.006^2{}_{Opx} + 0.014X_{Opx}X_{Ol} + 0.011X^2{}_{Ol} = 32.264.$$

Substituint les incògnites pels valors concrets de la mostra problema, si els termes de l'esquerra són més alts que els de la dreta, la roca és alcalina, i si són inferiors subalcalina.

Com es pot veure en la projecció de les mostres VA i VA-8 en aquest diagrama queden altre cop molt pròximes a la línia de separació entre els dos camps, quedant-hi una dins del camp alcalí i l'altra en el camp subalcalí (figura 4):

VA: $16 + 0.134 \times 29.79 = 19.99 < 26.942$, és a dir, alcalina.
$(16 + 1.119 \times 29.79) - (0.006 \times 16^2 + 0.014 \times 16 \times 29.79 + 0.011 \times 29.79^2) = 31.36 < 32.264$, és a dir alcalina.

VA-8: $25.46 + 0.134 \times 46.41 = 31.6 > 26.942$, és a dir, subalcalina.
$(25.46 + 1.119 \times 46{:}41) - (0.006 \times 25.46^2 + 0.014 \times 25.46 \times 46.41 + 0.011 \times 46.41^2) = 33.37$, és a dir, subalcalina.

A títol comparatiu s'ha representat com a exemple una mitjana de basalts transalcalins d'Islàndia (TS a la figura 4) que com es pot veure presenta una composició molt pròxima a la diabasa VA, en aquest diagrama. (HUGUES, 1982).

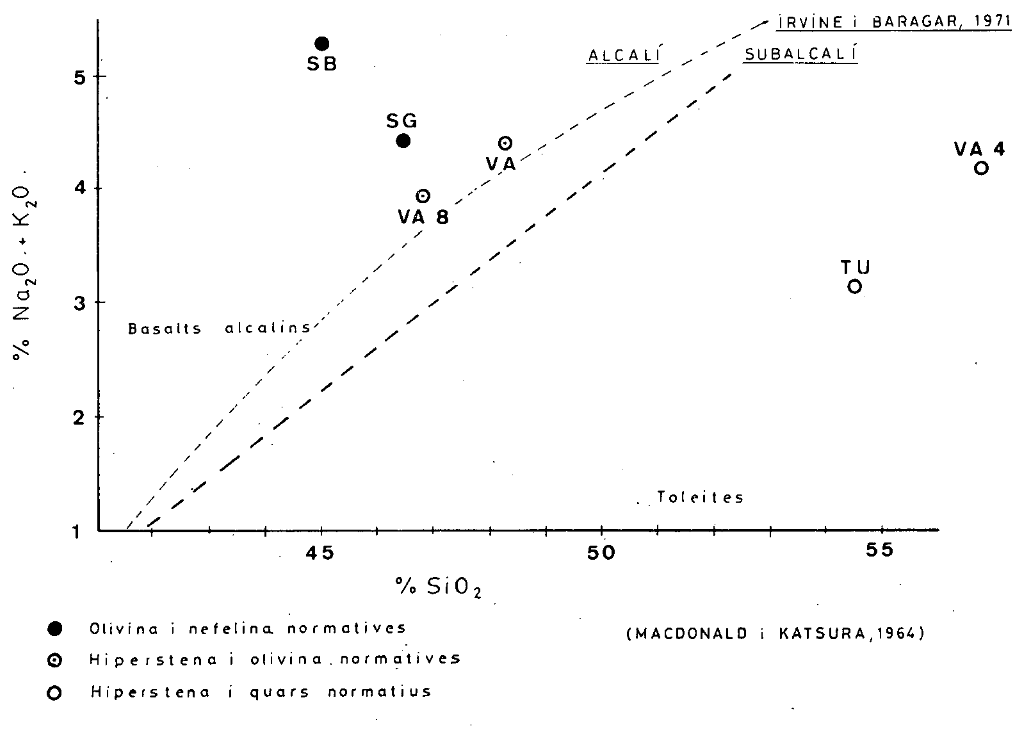



Fig. 3. Diagrama àlcalis-sílice amb els límits dels camps alcalí i subalcalí segons MACDONALD & KATSURA (1964) i segons IRVINE & BARAGAR (1971).

Diagram alkali-silica with the limits for the alkaline and sub-alkaline ranges after MACDONALD & KATSURA (1964) and IRVINE & BARAGAR (1971).

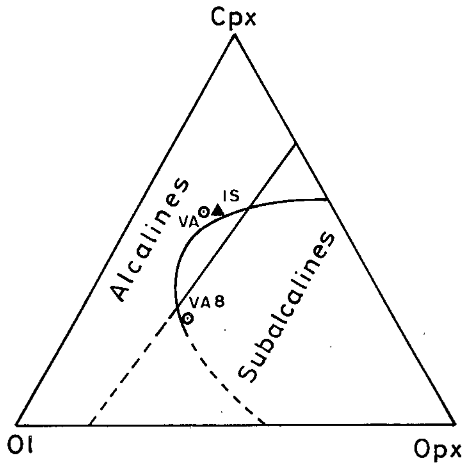



Fig. 4. Diagrama Cpx-Ol-Opx normatius utilitzat per CHAYES (1965, 1966) per delimitar els camps alcalí i subalcalí en roques amb hyperstena i olivina normatives. Vegeu més explicacions en el text.

Diagram of normative Cpx-Ol-Opx followed by CHAYES (1965, 1966)to delimit alkaline and-alkaline ranges in rocks with normative hyperstena and olivine (see text).

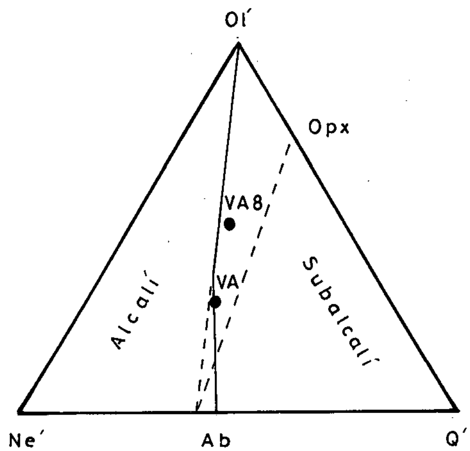



Fig. 5. Projecció en el tetraedre basàltic de YODER & TILLEY (1962) de les mostres VA i VA 8. Com es pot veure se sitúen dins el camp de les toleites olivíniques molt a prop del límit amb el camp alcalí. Limits proposats per IRVINE & BARAGAR (1971).

Projection on the basaltic tetrahedron of YODER & TILLEY (1962) of samples VA and VA 8. As can be observed they are located in the range of olivinic tholeiits very near the demarcation with the alkaline range. Limits proposed by IRVINE & BARAGAR (1971).

## 4. BASALT OLIVINIC DEL PORT DE SÒLLER.

La mostra SO, del dic del Port de Sóller, difereix de les altres roques filonianes acabades de descriure en què posseeix una textura típicament volcànica, molt més pròpia d'un basalt que d'una diabasa. Es podria descriure com un basalt olivínic típic, molt compacte i gairebé inalterat (figura 11, 25-27). Té nombrosos fenocristalls d'olivina i alguns de clinopiroxens, inmersos en una matriu de gra molt fi constituïda per un agregat de micròlits de plagiòclasi, a més d'abundant clinopiroxè i minerals opacs.

D'aquesta roca no es disposa encara d'anàlisis químiques i per tant la seva afinitat amb les altres roques estudiades es desconeix a hores d'ara.

**Diabases olivíniques de Son Bunyola (SB) i de Son Grua (SG)**: Aquestes dues roques constitueixen la representació induptable, en fàcies subvolcànica, de la Sèrie Alcalina de l'Illa de Mallorca, amb quantitats notables de nefelina normativa (vegeu taula I), i clarament dins del domini alcalí del diagrama àlcalis-sílice (figura 3).

5. DIABASA DE SON GRUA (SG): Aquesta diabasa té una composició equivalent a la d'un basalt alcalí típic típic (o el que és el mateix, a un microgabre alcalí) (figura 2).

Té una textura intergranular (figura 7, 9) i abundants cristalls d'olivina i augita d'hipidiomòrfics a idiomòrfics (figura 7, 10). La seva mida de gra és lleugerament inferior a 1 mm encara que alguns cristalls d'olivina poden assolir 3 o 4 mm. La plagiòclasi és molt abundant i es presenta, a la làmina prima, en seccions allargades hipidiomorfes entrellaçades (figura 7, 9). També conté quantitats relativament importants de minerals opacs en forma de cristallets allargats o esquelètics, molt probablement d'ilmenita. Un accessori important és l'apatita en forma de cristallets aciculars. Els minerals secundaris són rars i només es troben petites quantitats de serpentina en algunes esquerdes de les olivines.

6. DIABASA DE SON BUNYOLA (SB): Aquesta roca constitueix el terme més subsaturat respecte als àlcalis de totes les mostres estudiades, amb un 7 % de nefelina normativa, i amb una composició equivalent a la d'una basanita (o d'una microtheralita, si la comparem amb les roques plutòniques (figura 2). Té una textura que varia des de microgranular fins a intergranular fins a intergranular. La seva mineralogia modal és: olivina, augita (o titanaugita), plagioclasi i opacs com a components principals. A més conté quantitats apreciables de biotita molt pleocroica, i possiblement de nefelina intersticial, encara que aquesta no ha pogut ésser determinada amb seguretat.

7. ROQUES DIABASIQUES DE BINI.

En relació amb la recerca del possible aflorament, in situ, de la diabasa-TU, s'han estudiat dos aflorament de roques volcàniques o subvolcàniques de la vall dels Binis (2 i 3 de la figura 1). Els dos afloraments presenten característiques diferents: el que es troba a l'Est del Bini Petit (en el tram superior del camí a

prop de la distribució que condueix fins a la carretera de Sa Calobra), conté roques poc alterades molt riques en olivina i augita, i amb petites quantitats de biotita, i per tant recorda bastant la diabasa de Son Bunyola (SB), encara que la mida de gra és una mica més fina.

Fins el moment no disposem de dades químiques, però cal remarcar la presència de biotita i l'abundància d'olivina. Es tracta, doncs, probablement, d'una diabasa alcalina.

L'aflorament del fons de la Vall dels Binis, de majors dimensions, està constituït per una roca de gra bastant gros (si fa no fa d'un mil·límetre) de color verdós. És molt rica en plagiòclasi amb textura intergranular i conté minerals màfics amb relacions ofítiques amb la plagiòclasi. Degut a l'alteració relativament important d'aquestes roques, els minerals màfics estan totalment transformats en òxids de ferro opacs, però la relació ofítica que presenten amb la plagiòclasi obliga a pensar que es tracta de piroxens i no pas d'olivina (figura 12, 30-32).

Aquesta relació ofítica px-pl, l'abundància de plagiòclasi, la textura predominantment intergranular i la mida de gra, recorden força la diabasa toleítica TU de la Cala Tuent. No obstant això, la forta alteració que ha tingut com a conseqüència l'aparició de nombrosos minerals secundaris (incloent-hi abundant calcita i quars secundaris) fa impossible, de moment, establir una relació directa entre ambdues roques.

Finalment, prenent en consideració la totalitat de les mostres estudiades, cal destacar els continguts relativament alts en MgO i en $K_2O$ de les mostres més alcalines (particularment SB i SG).

## CONSIDERACIONS FINALS.

L'estudi de les roques hipabissals conegudes a l'actualitat a l'Illa de Mallorca (moltes d'elles descrites per primera vegada en aquest treball: diabases i dics leucocràtics del Port de Valldemossa; diabasa de Son Grua; diabasa de Tuent, i diabasa de l'E dels Binis), ha posat de manifest una major diversitat composicional (des d'un punt de vista de la geoquímica d'elements majors) que la que s'havia considerat fins el present dins el magmatisme triàsic mallorquí.

Sens dubte, una part d'aquestes diabases (per exemple, les diabases de Son Bunyola i de Son Grua) representen els equivalents subvolcànics del volcanisme estudiat en treballs anteriors en aquesta àrea geogràfica (ROSSY, en MATAILLET & PECHOUX, 1978; NAVIDAD & ALVARO, 1985).

Les altres, en canvi, mostren unes composicions que s'allunyen considerablement de les roques basàltiques de la sèrie alcalina.

En aquest aspecte cal considerar en primer lloc les diabases del Port de Valldemossa, les quals amb l'aparició d'hiperstena (junt amb olivina) normatives, semblen presentar una tendència cap a tipus transicionals, i sobretot les diabases de Cala Tuent, les quals amb l'aparició d'hiperstena i quars normatius (així com d'intercreixements micropegmatitics intersticials, de quars i feldspat alcalí) presenten unes característiques típicament toleítiques.

Malauradament el fet de que les diabases de Tuent no hagin pogut ésser trobades "in situ" (malgrat les importants similituts petrogràfiques amb les roques ígnies del fons de la Vall dels Binis, situades en la conca de recepció de la Cala) obliga a prendre en consideració la possibilitat de que la seva procedència no sigui autòctona.

Tanmateix, en opinió del present autor, l'important discrepància composicional de les diabases de Tuent respecte a les altres diabases estudiades, justificaria un posterior treball de recerca sobre aquestes roques per les possibles implicacions que se'n derivarien de la confirmació de la coexistència (junt al magmatisme alcalí ja esmentat) d'un magmatisme toleític a les Balears.

Fig. 6. **1-4**. Aspecte dels dics de roques leucocràtiques del tipus VA-4 tallant quasi perpendicularment els estrats de gresos i luites de la fàcies Buntsanstein (BNT), a les rodalies del Port de Valldemossa. **5-6**. A la part central de les fotos s'observa l'existència de dos petits xenòlits de gres inclosos dins la roca ígnia VA-4 (el major té uns 4 cm. de llargada) Així mateix, a l'esquerra, es pot veure el contacte intrusiu amb els gresos encaixants. **7**. Aspecte de l'aflorament de la microtheralita (diabasa olivínica alcalina) de Son Bunyola. Les roques inalterades de la fotografia es troben incloses dins dels guixos del Keuper amb unes relacions d'emplaçament poc definides. **8**. Aspecte del contacte entre la diabasa olivínica i els gresos gresos vermells de la fàcies Buntsanstein del Port de Valldemossa (núm. 6 de la figura 1). Es tracta d'un dic d'amplada irregular que introdueix tallant l'estratificació dels gresos amb un angle petit. En aquest aflorament, al nivell del mar, té una amplada d'uns 10 m.

**1-4**. Dykes of leucocratic rocks type VA-4 in an almost perpendicular section through the strata of sandstones and lutites of the Buntsandstein facies (BNT), in the environs of Port of Valldemossa. **5-6**. In the centre two small xenoliths of sandstone included in the igneous rock VA-4 (the larger one is 4 cm. long). Notice too an intrusive contact with the included sandstones on the left. **7**. Outcrop of microtheralite (alkaline olivinic diabase) of Son Bunyola. The unaltered rocks in the figure are incloded in the Keuper gypsum in illdefined proportions. **8**. Contact between the olivinic diabase and red sanstones of the Buntsandstein in the Port of Valldemossa (fig. 5, 6). It is a dyke of irregular width which intrudes cutting through the strata of sandstones at a narrow angle. In this outcrop, which is at sea level, the dyke is 10 m. wide.

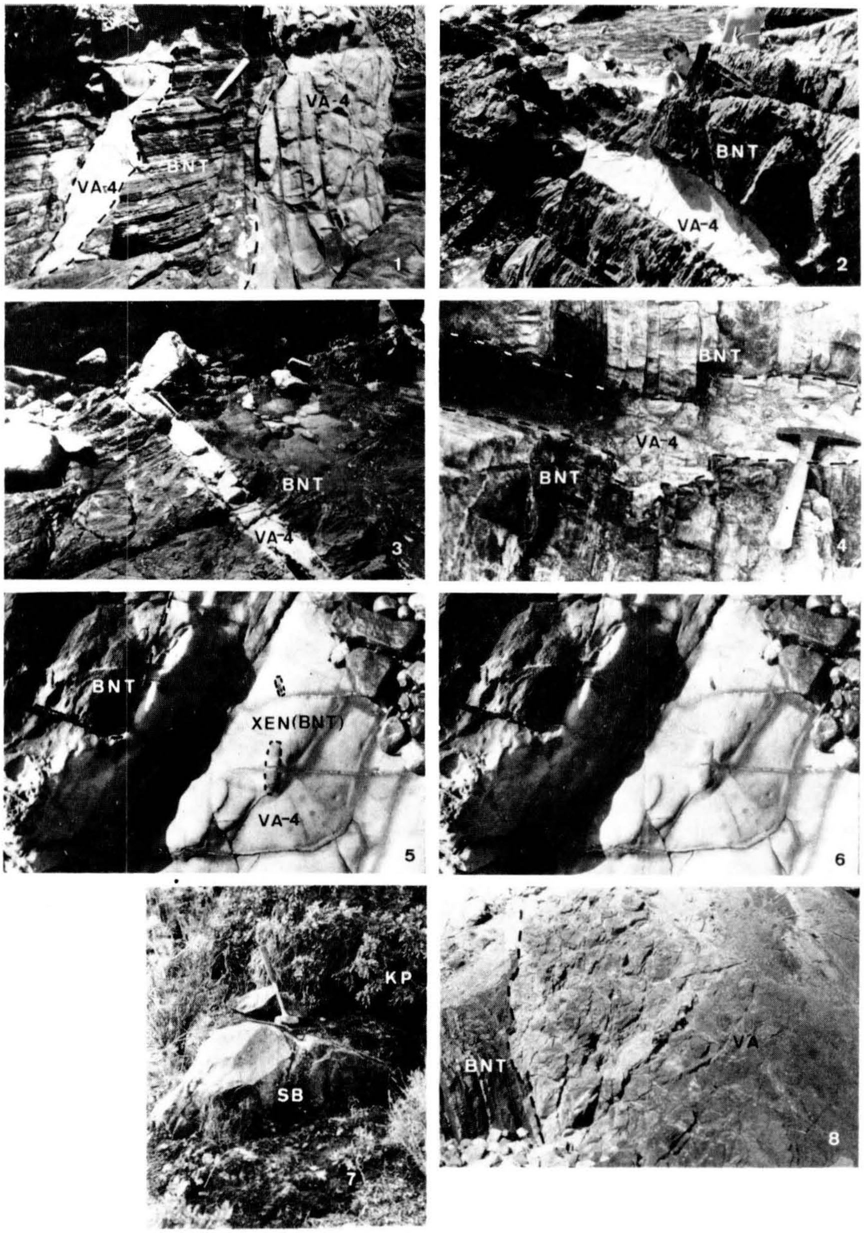

VA-4
BNT
VA-4
1
BNT
VA-4
2
BNT
VA-4
3
BNT
VA-4
BNT
4
BNT
XEN(BNT)
VA-4
5
6
KP
SB
7
BNT
VA
8

Fig. 7. Diabasa de Son Grua (SG) (Pollença) (núm. 4 a la figura 1). textura intergranular amb nombroses seccions de cristalls de plagiòclasis formant l'entramat de la roca. **10**. Diabasa-SG. Aspecte a major augment de la làmina anterior. Es destaquen els cristalls idiomòrfics d'olivina (OL) i d'augita (PX). **11**. Diabasa de Son Bunyola (SB) (Banyalbufar) (núm. 8 a la figura 1). Textura microgranular a diabàsica. Alguns cristalls d'olivina (OL) ultrapassen la mida mitjana de gra de la roca. S'aprecien també alguns grans de minerals opacs (OP). **12** Diabasa-SB. Aspecte de la mateixa roca anterior a major augment.

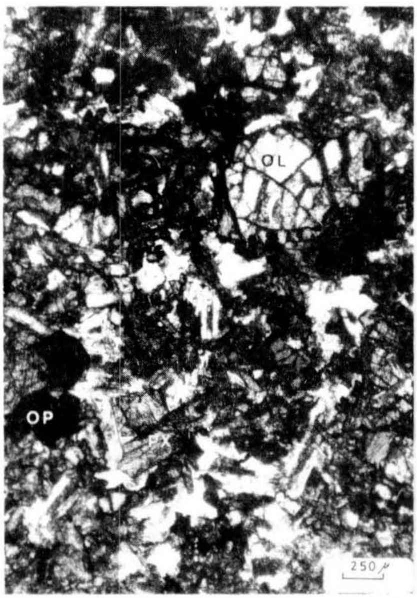
Diabase of Son Grua (SG) (Pollensa) (fig. 5, 4). Intergranular texture with numerous sections of plagioclase crystals forming the matrix of the rock. **10**. Diabase-SG. Detail of the previous fig. Notice the idiomorphic crystals of olivine (OL) and augite (PX). **11**. Diabase of Son Bunyola (SB) (Banyalbufar) (fig. 5, 8). Microgranular to diabasic texture. Some olivine crystals (OL) surpass the average grain size of the rock. Notice also some grains of opaque minerals (OP). **12** Diabase-SB. Detail of the previous rock.




9




10




11




12

Fig. 8.—**13**. Diabasa de Tuent (TU) (núm. 1 a la figura 1). Aspecte general de la roca. Textura intergranular i/o ofítica, segons la zona de la preparació. S'aprecia un alt contingut en plagiòclasi. **14**. Diabasa-TU. S'observen relacions ofítiques entre les plagiòclasis i els clinopiroxens (PX). Els dos piroxens que es veuen a la foto es troben maclats. **15**. Diabasa-TU. Un aspecte similar de la roca anterior, que mostra en posició central-superior un gran cristall de clinopiroxè lleugerament zonat. **16**. Diabasa-TU. Ocupant la part superior esquerra de la foto es troba un clinopiroxè schilleritzat (SCH) amb relacions ofítiques amb la plagiòclasi. En posició central s'observa un intercreixement intersticial de quars i feldspat alcalí (QFA).

**13**. Diabase of Tuent (TU)(no. 1 in fig. 1). General appearance of the rock. Intergranular and/or ophitic, depending on the area of the thin section. There is a high content of plagioclase. **14**. Diabase-TU. Notice relations between plagioclases and clinopyroxene (PX). The two pyroxenes seen here are twinned. **15**. Diabase-TU. A similar aspect of the previous rock, with a slightly zonated large crystal of clinopyroxene in the upper centre. **16** Diabase-TU. A schillerized clinopyroxene (SCH), with ophitic relations with the plagioclase in the upper left. In centre an interstitial intergrowth of quartz and alkaline feldspar (QFA).




13




14




15



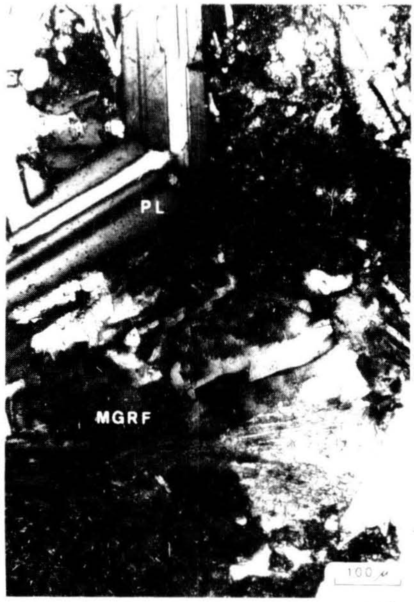

16

Fig. 9.—**17**. Diabasa de Tuent (TU). En posició central s'observa una secció de clinopiroxè que mostra les traces de les dues exfoliacions basals. Per sota d'aquest gra es pot veure un intercreixement micropegmatític (MGRF) de quars i feldspat alcalí. **18**. Diabasa-TU. Detall a major augment d'un intercreixement micrográfic entre quars i feldspat alcalí. **19**. Diabasa-TU. Detall d'un piroxè schilleritzat (SCH) (part superior de la fotografia) i d'un intercreixement micrográfic entre el quars i el feldspat alcalí (MGRF). **20**. Diabasa-TU. Detall de les relacions entre el quars i el feldspat alcalí dins d'un intercreixement micrográfic.

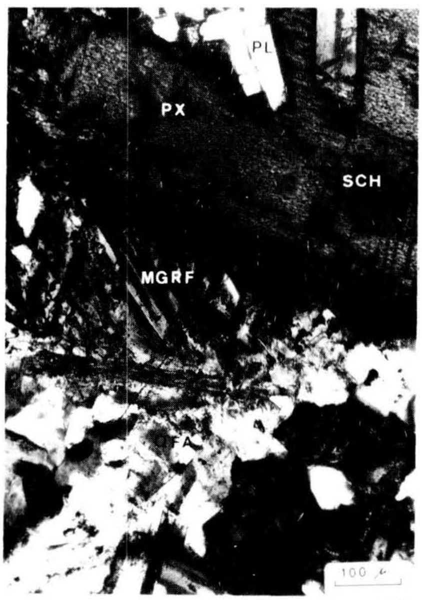
**17**. Diabase-TU. In the centre a section of clinopyroxene which shows traces of the two basal exfoliations. Below this grain, a micropegmatitic intergrowth (MGRF) of quartz and alkaline feldspar. **18**. Diabase-TU. Detail of a micrographic intergrowth between quartz and alkaline feldspar. **19**. Diabase-TU. Detail of a schillerized pyroxene (SCH) (upper part) and of a micrographic intergrowth between quartz and alkaline feldspar (MGRF). **20**. Diabase-TU. Detail of relations between quartz and alkaline feldspar in a micrographic intergrowth.




17




18




19




20

Fig. 10.—**21**.Diabasa del Port de Valldemossa (VA) (núm. 6 a la figura 1). Textura intergranular amb certa tendència fluïdal. En posició central s'observa un gra d'augita (px) i alguns grans d'olivina parcialment serpentinitzats. **22**. Diabasa-VA. Un altre aspecte de la roca anterior. Textura intergranular. **23**. Diabasa de gra fi del NE del Port de Valldemossa (VA-8) (núm. 7 a la figura 1). S'aprecia una textura microlítica i nombrosos grans de minerals opacs. **24**. Roca filoniana leucocràtica amb textura afanítica (VA-4) (núm 7 a la figura 1) (Veure també les fotos 1 a la 6). S'observa un contingut bastant important de granets de minerals opacs escampats per tota la preparació. Així mateix es poden veure restes de fenocristalls parcial o totalment reemplaçats per carbonats secundaris (ca). La matriu està composada principalment per fil·losilicats.

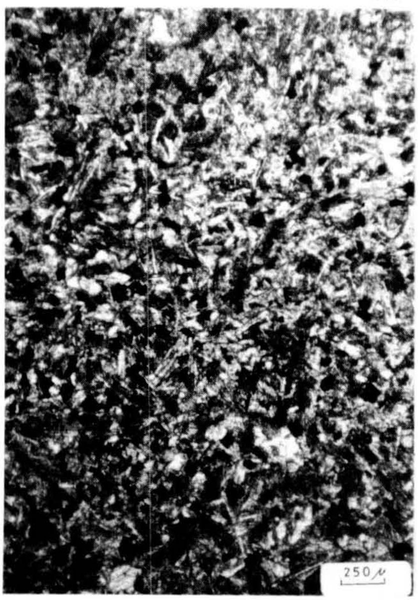
**21** Diabase from Port of Valldemosa (VA) (no. 6 in fig.1). Intergranular texture with a certain tendency to fluidity. In the centre a grain of augite (px) and some grains of partially serpentinized olivine. **22**. Diabase-VA. Another aspect of the previous rock. Intergranular texture. **23**. Fine-grained diabase of the NE of the Port of Valldemossa (VA-8) (no. 7 of fig. 1) Notice the microlitic texture and the numerous grains of opaque minerals. **24**. Filonian leucocratic rock with aphanitic texture (VA-4) (no. 7 of fig. 1). (See also photos 1-6). Notice the rather important component of opaque minerals scattered over the entire thin section. Notice also remains of phenocrystals partially or totally replaced by secondary carbonates (ca). The matrix is mainly constituted of phyllosilicates.



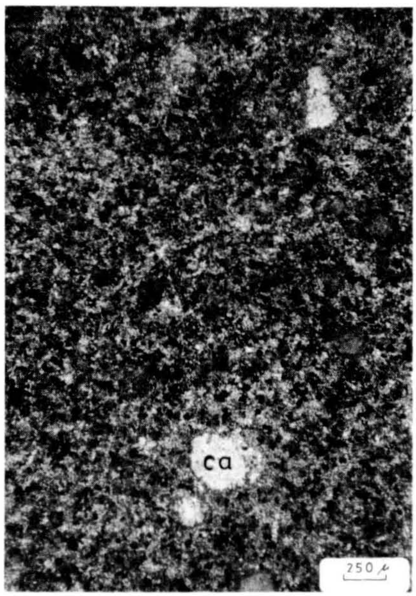
21



22



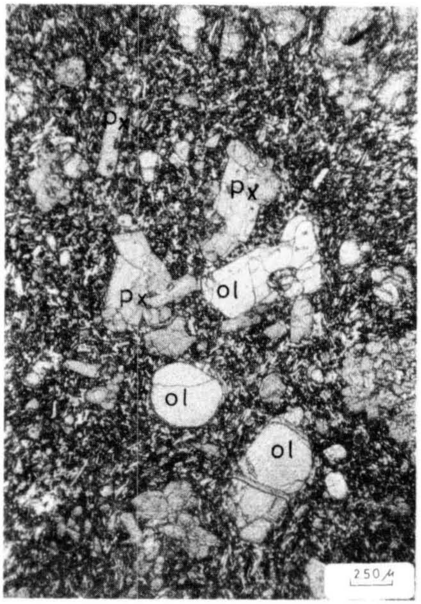
23



24

Fig. 11.—**25**. Basalt olivínic del dic del Port de Sóller (SO) (núm. 5 a la figura 1). textura porfírica. Fenocristalls d'olivina (ol) i augita (px) dins d'una matriu de gra fi, microlítica, formada per plagiòclasi, piroxè i opacs. Nícols paral·lels. **26**. La mateixa lámina anterior en nícols encreuats. **27**. Basalt del Port de Sóller (SO). Detall de la roca anterior a major augment. Fenocristalls d'olivina (ol) i d'augita maclada (px). **28**. Diabasa olivínica dels Binis (BI-1) (núm. 3 a la figura 1). Textura microgranular un xic porfírica. Probablement representa un terme transicional (des d'un punt de vista textural) entre el basalt-SO i la diabasa-SB. Té quantitats notables d'olivina tant en forma de fenocristalls com formant part de la resta de la roca.

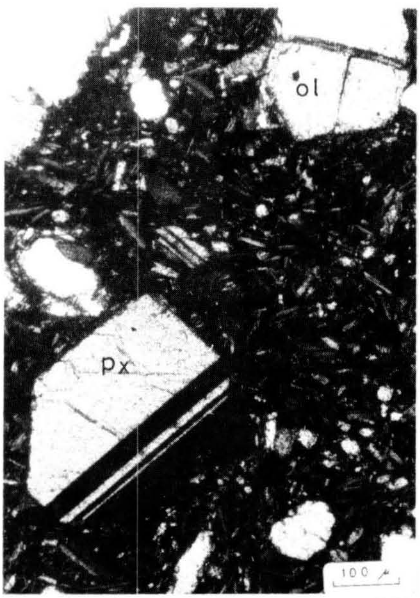
**25**. Olivinic basalt of the dyke of Port de Sóller (SO) fig. 5,5) Porphyric texture. Phenocrystals of olivine (ol) and augite (Px) in a matrix of microlytic fo fine grain made up of plagioclase, pyroxene and opaques. Parallel nicols. **26**. The previous photograph with crossed nicols. **27**. Basalt from Port de Sóller (SO). Detail of the previous rock. Phenocrystals of olivine (ol) and twinned augite (Px). **28**. Olivinic basalt of The Binis (BI-1) (no. 3 of fig. 1). Slightly porphyric microgranular texture. It may represent a transition (from a textural point of view) between the basalt-SO and the diabase-SB. It contains significant quantities of olivine both as crystals as well as forming part of the rest of the rock.



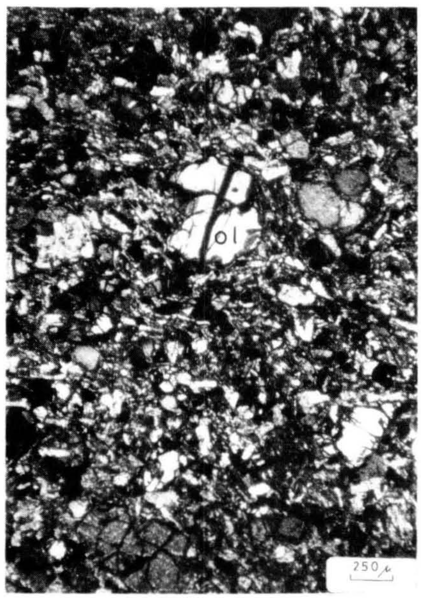

25




26




27




28

Fig. 12.—**29**. Diabasa olivínica dels Binis (BI-1). Aspecte a major augment de la roca anterior. S'observen cristalls d'olivina (OL) i d'augita (px), així com algun cristall de biotita (BT). **30**. Roca volcànica o subvolcànica de la vall dels Binis (BI-3) (núm. 2 a la figura 1). Textura intergranular a diabàsica. Nícols encreuats. **31**. BI-3. La mateixa roca anterior en nícols paral·lels. S'observa un notable contingut en plagiòclasi. Així mateix es pot veure una relació clarament ofítica entre la plagiòclasi i els minerals màfics (actualment alterats a òxids de ferro) la qual cosa fa pensar que eren constituïts per piroxens. **32**. Una altra relació ofítica a la mateixa roca anterior. N.P.

**29**. Olivinic diabase of The Binis (BI-1). Detail of the previous rock. Notice olivine (OL) and augite (px) crystals as well as the odd crystal of biotite (BT). **30**. Volcanic or subvolcanic rock from the Vall dels Binis (BI-3) (no. 2 of fig. 1). Intergranular to diabasic texture. Crossed nicols. **31**. BI-3. The previous rock with parallel nicols. Notice the significant content of plagioclase, and also a clearly ophytic relation between the plagioclase and the mafic minerals (presently altered into iron oxides) apparently composed of pyroxenes. **32**. A further ophitic relation of the previous rock. N.P.




29




30




31




32

## BIBLIOGRAFIA

CHAYES, F. 1966.—Alkaline and subalkaline basalts. *Amer. J. Sci.,* 264: 128-145.

COLOM, G. 1975.—*Geología de Mallorca.* Dip. Prov. Baleares. Inst. Estud. Baleáricos. CSIC, 2 vols. 522 pp.

DARDER, B. 1914.—*El triásico de Mallorca.* Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat., Serie Geológica nº. 7. 80 pp. Madrid.

DE LA ROCHE, H. 1980.—A classification of volcanic and plutonic rocks using $R^1R^2$ – Diagram and major-element analyses -Its relationships with current nomenclature. *Chemical Geol.*, 29: 183-210.

FALLOT, P. 1922.—Etude géologique de la Sierra de Majorque. *Thèse.* Paris et Liege. 480 pp.

HATCH, F. H., WELLS, A. K. & WELLS, M. K. 1975.—*Petrology of the Igneous Rocks.* Thomas Murby & Co.

HUGHES, C. J. 1982.—*Igneous Petrology.* Elsevier. Amsterdam.

IRVINE, T. N. & BARAGAR, W. R. A. 1971.—A guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Sci.,* 8: 523-548.

MACDONALD, G. A. & KATSURA, T. 1964.—Chemical Composition of Hawaiian Lavas, *J. Petrol.*, 5: 82-133.

MATAILLET, R. & PECHOUX, J. 1978.—Étude geologique de l'extremité occidentale de la Serra Nord de Majorque (Baleares, Espagne) *Thèse.* Fac. Sciences et Techniques de l'Univ Franché-Conté. 161 pp.

NAVIDAD, M. & ALVARO, M. 1985.—El vulcanismo alcalino del Triásico Superior de Mallorca (Mediterràneo Occidental). *Bol. Geol. y Min. de España*, T. XCVI-I: 10-22.

SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M. 1936.—Estudio de las rocas eruptivas de España. *Mem. Acad. Cienc. Madrid., Serie Ciencias Nat.*, T. VI.

YODER, H. S. & TILLEY, C. E. 1962.—Origin of Basalt Magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems. *J. Petrol.*, 3: 342-532.